

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ПРОБУЖДАЮЩЕЕСЯ МЫШЛЕНИЕ. У ИСТОКОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Кликс Ф.

Пер. с нем.
М.: Прогресс,
1983

Кликс Ф. Пробуждающееся мышление. У истоков человеческого интеллекта. Пер. с нем. — М.: Прогресс, 1983, 302с.

Обособление таких клеток начало с разделением нервных узлов и мышечных тканей уже у червей (в докембри и, то есть примерно о 10^2 лет назад). Основная функция нейрона состоит в генерировании импульса в ответ на определенное сочетание внутренних и внешних условий активации. В системе таких нейронов эти импульсы могут оказывать как возбуждающее, так и тормозящее влияние. (Крайним примером тормозного влияния, основанного на предварительном распознавании опасности, может служить рефлекс замирания у некоторых насекомых.) Эти занимающие промежуточное положение нейроны образуют сложные сети. Они выполняют главную задачу принятия решения о выборе той или иной программы поведения на основе информации о стимуле, полученной благодаря работе сенсорных механизмов. В естественных условиях это может выражаться как в усилении, так и в подавлении активности [см. подробнее Matthies, Ott, 1978].

Один из примеров этих взаимодействий можно найти в работе Рёдера (Roeder, 1968). Он исследовал поведение мотылька и летучей мыши. Летучая мышь генерирует для определения относительного положения окружающих объектов ультразвуковые колебания. Оценка отраженных от препятствий сигналов позволяет определить их присутствие и локализацию, а также выделить среди них возможную добычу. Сенсорная система мотыльков очень чувствительна к сигналам, генерируемым летучими мышами. Частотный спектр и громкость всех звуковых сигналов закономерно меняются с увеличением расстояния. Именно эту информацию и способны различать нейроны мотылька. Одни из этих нейронов отвечают импульсами на звуковые сигналы летучей мыши, спектральные и энергетические характеристики которых соответствуют удаленностям, превышающим 40 м. В этом случае мотылек просто меняет направление полёта и удаляется от источника звуков. При сигналах, характерных для расстояний менее 10 м, активируется другая группа нейронов. В результате запускается совершенно иная поведенческая программа: мотылек начинает внезапно менять направление полета. «Нырки» и броски из стороны в сторону резко затрудняют летучей мыши ее задачу,

ПРОБУЖДАЮЩЕЕСЯ МЫШЛЕНИЕ. У ИСТОКОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Кликс Ф.

Пер. с нем.
М.: Прогресс,
1983

Кликс Ф. Пробуждающееся мышление. У истоков человеческого интеллекта. Пер. с нем. – М.: Прогресс, 1983, 302с.

Обособление таких клеток нача лось
с разделением нервных узлов и

мышечных тканей уже у червей (в докембри и, то есть примерно о 10⁹ лет назад). Основная функция нейрона состоит в генерировании импульса в ответ на определенное сочетание внутренних и внешних условий активации. В системе таких нейронов эти импульсы могут оказывать как возбуждающее, так и тормозящее влияние. (Крайним примером тормозного влияния, основанного на предварительном распознавании опасности, может служить рефлекс замирания у некоторых насекомых.) Эти занимающие промежуточное положение нейроны образуют

сложные сети. Они выполняют главную задачу принятия решения о выборе той или иной программы поведения на основе информации о стимуле, полученной благодаря работе сенсорных механизмов. В естественных условиях это может выражаться как в усилении, так и в подавлении активности [см. подробнее Matlhies, Ott, 1978).

Один из примеров этих взаимодействий можно найти в работе Рёдера (Roeder, 1968). Он исследовал поведение мотылька и летучей мыши. Летучая мышь генерирует для определения относительного положения

окружающих объектов
ультразвуковые колебания. Оценка
отраженных от препятствий
сигналов позволяет определить их
присутствие и локализацию, а также
выделить среди них возможную
добычу. Сенсорная система
мотыльков очень чувствительна к
сигналам, генерируемым летучими
мышами. Частотный спектр и
громкость всех звуковых сигналов
закономерно меняются с
увеличением расстояния. Именно эту
информацию и способны различать
нейроны мотылька. Одни из этих
нейронов отвечают импуль сами на
звуковые сигналы летучей мыши,

спектральные и энергетические
характеристики которых
соответствуют удаленностям, превы
шающим 40 м. В этом случае
мотылек просто меняет направление
п олёта и удаляется от источника
звуков. При сигналах, характери
стики которых свидетельствуют о
том, что хищник находится на
расстоянии менее 10 м, активируется
другая группа нейронов. В результате
запускается совершенно иная
поведенческая программа: мотылек
начинает внезапно менять
направление полета. «Нырки» и
броски из стороны в сторону резко
затрудняют летучей мыши ее задачу,

так как ее эхолотный принцип локализации основан на экстраполяции положения и удаленности распознанного объекта. Аналогичное переключение активации с одной группы нейронов на другую было обнаружено Д. Грюссером и М. Грюссер-Корнельс (Griisser, Grusser-Cornehb, 1968) у лягушки. Предъявление небольшого темного пятна на светлом фоне активирует нейроны, которые приводят к движениям, направленным на ловлю добычи. При увеличении размеров пятна наступает момент смещения активации к другой группе нейронов.

Этому переходу соответствует изменение знака поведенческих реакций: теперь лягушка обращается в бегство. Этим авторам удалось также показать, что при естественных условиях восприятия критические раздражители связаны с признаками добычи (например, мухи) или хищника (например, приближающегося, то есть оптически увеличивающего в размерах, аиста).

58/59

Надежность работы подобных нейронных систем выбора и переключения программ поведения

является важнейшим фактором. определяющим ход процессов естественного отбора. Поэтому в эволюции происходит повышение надежности и точности функционирования систем распознавания и принятия решения. Эта тенденция оказывает решающее влияние на развитие центральной нервной системы в целом.

Взаимодействие трех выделенных систем: сенсорного распознавания, инстанций принятия решения и моторной реализации программы поведения - может быть в первом приближении описано с помощью последовательной, или линейной,

цепочки управления¹. Пример с мотыльком и летучей мышью в этом отношении весьма типичен; сенсорный анализ частотного спектра сигналов дает информацию для принятия решения, которое определяет реализацию той или иной поведенческой программы. Аналогичная цепочка процессов передачи информации лежит в основе знаменитых танцев пчел с помощью которых они могут сообщать сведения о расстоянии и направлении источника пищи относительно солнца. Другие пчелы воспринимают эту информацию, и эффективно используют её при

поиске пищи (см. von Frisch, 1965).
От эффективности работы таких
генетически фиксированных
механизмов зависит выживание.

Речь идёт о механизмах,
сформировавшихся в ходе
естественного отбора и состоящих из
трех вышеназванных звеньев.
Функционирование их
первоначально совершенно не
зависит от сочетания актуально
действующих мотивов и
потребностей, нельзя установить и
влияния эмоций. Хорошо известно,
однако, что и в случае
инстинктивной регуляции
поведения, особенно на

относительно высоких степенях его
организации (уже у рыб и
амфибий), выбор тех или иных
поведенческих решений во все
больших масштабах определяется
динамическими факторами,
связанными с витальными
потребностями организмов. Они
образуют в широком смысле слова
мотивационную основу процессов
принятия решения и регуляции
поведения. Но откуда появляется эта
столь важная для всего
последующего развития компонента?

Разумеется, при такой постановке
вопроса невозможно указать, как
возникли исходные предпосылки для

последующего действия механизма естественного отбора. По-видимому, это произошло в результате тех мутаций, которые, взаимодействуя с процессами отбора, привели к возникновению новых органов или новых функциональных качеств уже существовавших ранее систем. Во всяком случае, можно констатировать, что наряду с нейрональными механизмами принятия решения в филогенезе формируется вторая, первоначально независимая система регуляции, также оказывающая влияние

' При таком представлении игнорируются факты участия сенсорных обратных

связей в реализации всякого достаточно сложного движения, а также включенность моторных компонентов в процессы восприятия. Однако при самом общем рассмотрении структуры инстинктивной регуляции поведения от этих фактов можно абстрагироваться.

59

на поведение. Речь идет о системе гомеостатической регуляции. Уже на самых примитивных уровнях жизни сохранение гомеостаза является важнейшим принципом регуляции организмических процессов: нарушение постоянства внутренней среды приводит к активации моторной системы, выражающейся в

возникновении поисковых движений. Экстремальные воздействия, например температурные, побуждают животное избегать их источник. Гомеостатическая регуляция основывается на своего рода измерении отклонения актуального состояния от значения потребного организму состо яния. Возникновение такого рассогласования, прежде всего его увеличение в сторону более неблагоприятных значений, может активи ровать моторную и сенсорную системы. Так, серные бактерии собираются на свету, где они могут накапливать анергию,

необходимую для обмена веществ. Они покидают освещенные участки после накопления «усвояемого» количества энергии. Насекомые некоторых видов, например, обычные кухонные тараканы, ищут темные влажные места и лишь в них переходят в состояние относительного покоя. Специальные эксперименты показали, что лишение животных веществ определенного типа приводило к более интенсивному потреблению той пищи, которая содержала эти вещества в повышенных пропорциях (см. подробнее Lorenz, 1973). В бедной кислородом среде дыхание

учащается, в перенасыщенной - замедляется.

Эти и многие другие примеры свидетельствуют о том, что механизм гомеостатической регуляции основан на использовании генерируемых во внутренней среде организма сигналов, интенсивность которых соответствует степени отклонения от состояния равновесия базовых витальных процессов. При этом возникают беспокойство, возбуждение, усиливающаяся активность, которые в конечном счете реализуют в поведении необходимые изменения внутреннего состояния. Механизмы

регулирования, участвующие в поддержке гомео статического равновесия, существуют, как было видно из примеров, уже у одноклеточных. Генетически они возникают раньше появления систем распознавания и принятия решения.

Особое эволюционное значение имеет, однако, тот факт, что, начиная с низших позвоночных, а, возможно, также и насекомых, гомеостатическое регулирование вступает во взаимодействие с познавательной функцией нервной системы. По мере интегрирования гомеостатических сигналов в общей

структуре информационных взаимодействий отдельных компонентов нервной системы каждая из этих двух подсистем начинает получать сведения о состоянии другой. Недостаточность доступной сенсорной информации или неуверенность при принятии решений начинают фиксироваться в качестве неблагоприятных состояний базовых организмических функций, а, с другой стороны, внутренние состояния нужды или актуальные потребности влияют через информационные каналы нервной системы на сенсорные процессы и принятие решений. Так,

экспериментально установлено, что механизмы гомеостатической регуляции могут дифференцирование изменять чувствительность вкусовых рецепторов. Функции распознавания и управления тем самым ставятся

60/61

на службу механизмам гомеостатической регуляции состояний потребностей организма.
Это филогенетическая основа для
возникновения мотивации
поведения.

На той стадии развития, где уже возможно отражение целостной

репрезентации окружения, влияние этой инстанции преобразуется в эмоциональный, или аффективный, компонент оценки ситуации и деятельности. Эволюционно-исторический результат описанного взаимодействия состоит в формировании зависящих от специфиче ских потребностей программ поведения. Кроме того, взаимодействие систем принятия решения и гомеостатической регуляции порождает качественно новый компонент регуляции поведения в целом: оценку успешности поведенческих актов на основе обратного влияния этих актов

на изменение гомеостатического состояния. (Можно рассматривать это просто как улучшение или ухудшение общего состояния). Признаком удачной комбинации движений является в данном случае уменьшение или исчезновение отрицательно оцениваемого рассогласования витальных функций. В зависимости от актуально действующих потребностей начинает оцениваться также и доступная сенсорная информация. При этом происходит примитивная классификация раздражителей на те, которые релевантны в отношении устранения состояния потребности,

и те, которые с этой точки зрения не представляют какого-либо значения.

Благодаря происходящему в центральной нервной системе взаимодействию информационных процессов с механизмами гомеостатической регуляции последние превращаются в специальную оценочную инстанцию, задающую сенсорным признакам, поведенческим решениям и моторным программам их «веса», то есть коэффициенты их значимости с точки зрения возможности удовлетворения существующих потребностей. Несколько позже мы рассмотрим ана томо-

физиологические механизмы, лежащие в основе работы этой оценочной инстанции. Это позволит также выделить некоторые новые аспекты ее функционирования.

В самых общих чертах структурные особенности инстинктивной регуляции поведения можно представить с помощью схемы, изображенной на рис. 15.

Информация о ситуации — событиях и объектах (О — объекты) реального мира расщепляется на уровне органов чувств (Р — рецепторы) на сведения об отдельных признаках и доводится в такой форме до механизмов распознавания (РИ —

распознающая инстанция).

Одновременно эта же информация поступает в структуры, осуществляющие оценку общей аффективной значимости ситуации (ОИ — оценочная инстанция).

Результаты распознавания и оценки становятся известны механизмам принятия решения (ИПР — инстанция принятия решений).

После этого происходит активация идентифицированной в качестве наиболее адекватной поведенческой программы (ПП — программы поведения), которая разворачивается как некоторая последовательность моторных актов. Вследствие их

воздействия на окружение
возникают изменения ситуации или
объекта в широком смысле этого
слова (О' — изменившаяся в
результате активности организма
объективная ситуация).

61/62

63/64

эти признаки соперника находятся на
границах или внутри собственной
территории самца. Мы имеем в
данном случае вначале отдельные
признаки соперника и собственной
территории. Затем они объединяются
в более сложную структуру,

фиксирующую признаки объекта внутри некоторой области пространства. Речь идет, следовательно, о структуре высшего порядка. Аналогичным закономерностям подчиняется детально изученное Н. Тинбергеном (Tinbergen, 1952, S. 72) сочетание признаков, вызывающих «попрошайничество» у птенцов серебристой чайки. В данном случае запускающим реакцию комплексным раздражителем является сочетание формы клюва родителей, его ориентации и наличия красного пятна.

Организация процессов

развертывания движений на моторном конце нашей схемы является как бы зеркальным повторением только что описанной структуры. Здесь вначале фиксируется только общая двигательная интенции. Она дифференцируется в конечном счете до уровня описания конкретных движений отдельных звеньев двигательного аппарата. Результат достигается в ходе координированного и управляемого структурами центральной нервной системы последовательного развертывания этих моторных актов. Среди множества примеров укажем

хотя бы на постройку гнезда. Вследствие внутренних гормональных сигналов параллельно с образованием пар и оплодотворением возникают изменения гомеостатических процессов, которые могут быть описаны как забота о потомстве. Поиск места для гнезда, его укладка с выделением участка для яиц (он покрывается более мягким материалом), утаптывание этого участка и т. д. — все это следствия поведенческих активностей, которые порождены стартовым сигналом общей интенции, так сказать, базисного мотива. Несмотря на

происходящее расщепление общей интенции на множество частных моторных актов, лежащий в их основе единый мотив выполняет координирующую функцию и успешно доводит их до своего логического завершения. Как будет показано в дальнейшем, той же общей схеме следуют и процессы порождения речевого высказывания.

ОБ ЭВОЛЮЦИОННОМ ЗНАЧЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОЦЕССОВ НАУЧЕНИЯ

Подобно всяким другим поведенческим характеристикам, инстинктивная регуляция

подвержена действию естественного отбора. Его влияние непосредственно сказывается на сенсорных и моторных звеньях соприкосновения поведения с объективной реальностью, Но по мере того, как под влиянием отбора меняются моторные программы и механизмы распознавания сенсорных признаков, изменяются также функции всего структурированного целого, в особенности контролирующих и управляющих механизмов центральной нервной системы. В соответствии с возможными направлениями действия естественного отбора на

поверхности Земли появились самые разнообразные формы конечностей для реализации движе-

64/65

ний: крылья, плавники, клешни, ласты, лапы, ноги и руки - если назвать только несколько основных прототипов. Можно было бы показать, как реальные свойства экологического окружения направили развитие этих весьма различных типов органов в русло реализации движений. Относительно единообразные свойства света как источника информации в одних и тех же экологических условиях,

напротив, привели к появлению лишь двух принципиально различных типов органов зрительной рецепции: фасеточного и камерного глаза (хотя, разумеется, в рамках этих двух основных типов известно огромное число вариантов и уровней сложности).

Эти примеры свидетельствуют о том, что естественный диапазон вариации признаков специфицируется действием отбора в определенных, соответствующих окружающим условиям направлениях: чем единообразнее тип окружения, тем более похожим оказывается, например,

двигательный аппарат весьма различных видов животных. Так, у крота и роющей саранчи благодаря конвергирующему развитию образовались практически одинаковые передние конечности. Этот принцип специализации справедлив по отношению к любым признакам: как морфологическим, так и функциональным. Поэтому наследуемые программы и их реализация в характеристиках поведения всегда настроены на наиболее вероятное окружение, некоторый определенный тип жизненного пространства. Отбор наследуемых признаков

соответствует своего рода
усредненному окружению, некоему
срезу, особенности которого могли
быть выделены на основе
регулярностей влияния окружения на
характеристики поведения длинной
вереницы поколений, ведь обратное
влияние окружения на выбор и
подавление признаков поведения
осуществляется лишь в
последовательности поколений.

Однако окружающий мир
характеризуется также
упорядоченностью, сохраняющейся в
течение сравнительно короткого
времени. Для него зачастую типичны
свойства, сохраняющиеся

инвариантными лишь в течение жизни одного поколения или в окружении только одной особи. Каждая поведенческая программа должна продемонстрировать свою эффективность в специфических условиях конкретного экологического окружения. Но в условиях жесткой генетической детерминированности таких программ это может быть осуществлено лишь частично, то есть в той степени, в какой специфические особенности конкретного окружения совпадают со свойствами усредненного окружения прошлых поколений, к

которому приспособлены
врожденные программы.

Возможность учета в поведении
другой, специфической для данного
момента истории части
характеристик реальности связана с
использованием функционального
свойства нервной системы, которое в
биологическом отношении является
одним из наиболее древних и
выполняет нечто вроде опорной
функции уже при формировании
видоспецифической памяти в
филогенезе. Речь идет о способности
нейронов сохранять информацию
посредством образования новых
межклеточных связей. Уже благодаря

простому торможению, или подавлению, ставших ненужными поведенческих программ может

65/66

быть достигнута полезная коррекция врожденных форм поведения.

Следует отметить, что необходимое для подобной коррекции разделение механизмов распознавания и принятия решений представляет собой качественно новый уровень адаптивной организации поведения. Благодаря регистрации и сохранению программ успешных моторных актов и формированию навыков распознавания соответствующих

перцептивных признаков нейронные
сети могут накапливать информацию
об оптимальных формах поведения в
специфических условиях. Эта делает
возможным выбор наиболее
адекватного для данного окружения
варианта доступных моторных про
грамм. Характеристики
двигательных программ становятся
менее жестко фиксированными, то
есть в большей, степени
адаптивными. Поскольку эти
адаптивные варианты конфигураций
двигательных актов начинают
сохраняться в ассоциированной с
сенсорными характеристиками
окружения форме, распознавание

соответствующих сен сорных
признаков начинает приводить к
актуализации специфи ческих
двигательных программ. В результате
переработки инфор мации о
наиболее эффективных моторных
воздействиях на окружение и
сохранения этой информации
возникает индивидуальная память.
Это и есть научение. Благодаря
появлению подобного элементарного
типа процессов научения возникает
новый вариант соотношения
операций распознавания и
принятия решения .

Однако как отличить «наиболее
эффективные моторные воздействия

на окружение»? Каким образом узнаются успешное и безуспешное, удачное и менее удачное действие? Это становится возможным благодаря существованию упоминавшейся выше оценочной инстанции. Уже в условиях инстинктивной регуляции поведения она снабжает нервную систему информацией о состоянии жизненных гомеостатических процессов. Она дает знать в каждом конкретном случае о нарушении равновесия потребностей, будь это голод, жажда или изменение баланса гормонов, как при повышенной сексуальной мотивации.

Естественно, что именно эти оценочные структуры фиксируют те изменения внутреннего состояния, которые являются следствием успешного (или безуспешного) выполнения некоторой поведенческой программы. Их функция для механизмов научения остается той же, что и в случае инстинктивной регуляции: влияние адаптивного изменения поведения на состояние базовых потребностей организма (как при удовлетворении потребностей, так и при усилении существующего дисбаланса) будет зарегистрировано и «записано» в памяти.

В дальнейшем мы приведем данные, свидетельствующие о том, что скорость и степень таких изменений гомеостатических процессов оказывает весьма существенное влияние на скорость и степень самих процессов научения. Повторная активация зафиксированных в памяти связей между характеристиками ситуации и программами поведения будет облегчаться, если коррекция поведения привела к позитивным эмоциональным последствиям.

Напротив, в случае усиления негативных эффектов восприятие свойств окружения не приведет к

активации соответствующих поведенческих программ, они

66/67

будут блокированы или игнорированы. Но активация может быть инициирована и одной только оценочной инстанцией в зависимости от состояния потребностей. Под влиянием повышенной мотивации могут быть начаты процессы поиска, которые прекращаются только тогда, когда заданные сенсорно свойства окружения связываются со структурами памяти, ассоциировавшимися в прошлом с

редуцирующими состояние нужды поведенческими программами. Позднее, при описании анатомо-физиологических основ обсуждаемых системных взаимоотношений, мы укажем механизмы, которые, по-видимому, служат субстратом такого иницируемого оценочной инстанцией поиска в памяти.

Распознающая инстанция также вносит свой вклад в функционирование процессов научения: помимо определения степени соответствия свойств актуально присутствующих объектов и филогенетически выработанных

стандартных конфигураций видоспецифической памяти, процессы распознавания начинают играть решающую роль при обработке вновь зафиксированных в памяти специфических признаков. С помощью тех же самых механизмов распознаются вновь приобретенные и зафиксированные в индивидуальной памяти свойства объектов.

Функция системы принятия решения также не меняется сколько-нибудь существенно при переходе к описываемым процессам научения. Просто решения начинают приниматься по отношению к вновь

приобретенным признакам:
вследствие регистрации
относительной частоты сочетаний
перцептивных признаков с
определенными поведенческими
актами (или скорректированными
программами) появляется критерий
оценки надежности принятия
решения о выборе некоторого
способа действия в ответ на данную
конфигурацию сенсорных
раздражителей. Превышение
порогового уровня является про-
стейшей формой принятия решения,
вполне соответствующей принципам
функционирования структур нервной
системы.

Так в процессах научения происходит объединение индивидуальной памяти и генетически фиксированных видоспецифических программ поведения. Это положение можно проиллюстрировать следующими двумя примерами. Серебристые чайки распознают своих птенцов с помощью информации, хранящейся в виде специфической памяти, и качестве особей своего вида. Но уже через пять дней после вылупливания они способны отличить своих птенцов от птенцов другого помета. Это происходит благодаря тому, что наряду с видоспецифическими

характеристиками в памяти родителей фиксируются также специфические индивидуальные особенности облика их птенцов. Эти специфические признаки становятся потом критическими стимулами, «запускающими» программы заботы о потомстве¹. Точно

' Сложное таиное действие инстинктов и процессов индивидуального научения обнаружено в последнее время и у общественных насекомых. Так, обладая несовершенным зрением, пчелы различают нектароносные цветы методом проб и ошибок. Пчелы начинают различать новый вид цветов за две секунды до посадки на цветок, Запах цветка они начинают узнавать

приблизительно через секунду после посадки на него. Они рассчитывают свой путь по солнцу и делают это в первые

67/68

71/72

быми. Итак, достаточно отчетливо выступает некоторая общая закономерность. Независимо от числа повторных раздражений сенсорный ганглий отвечает на каждое воздействие залпом одной и той же силы. Что касается потенциалов мото-нейрона, то они становятся все меньше. Эти потенциалы влияют на действие мышечных волокон и, таким образом,

определяют изменение защитного рефлекса. Соответствие между картиной поведения и событиями на нейронном уровне совершенно очевидно на уровне отдельных нервных клеток удалось зарегистрировать динамику процесса научения.

Следующим шагом в научном анализе является попытка выяснения молекулярных, или биохимических, изменений, лежащих в основе открытых изменений реакции нейронов. В нервных окончаниях, открывающихся в синаптическую щель, находятся крохотные полости, в которых накапливается

определенное количество - «кванты»
- химического вещества-посредника.
Каждый «квант» такого медиатора
способен вызвать на
противоположной стороне щели
мимолетную разность потенциалов.
Количество выброшенного в щель
медиатора определяет то, каким
образом будет реагировать моторный
нейрон. Нейрональное управление
этим процессом полностью
локализовано на пресинаптических
структурах. Таким образом, вся
проблема сводится к вопросу о
механизмах, регулирующих выброс
вещества-посредника. Согласно
полученным А. Кэнделом

результатам, количество освобожденного медиатора зависит от концентрации свободных ионов кальция в области пресинаптических окончаний. Рост деполяризации при возникновении потенциала действия определяется не только поступлением ионов натрия, но и задержкой ионов кальция. Оказывается, что повторное раздражение сенсорного нейрона приводит к уменьшению количества свободных ионов кальция. Как уже известно, это уменьшает число «квантов» медиатора, выбрасываемых в синаптическую щель, что редуцирует величину

постсинаптического потенциала действия и в конечном счете ослабляет моторный эффект стимуляции. Так возникает привыкание.

Процессом, протекающим в обратном направлении, является усиление реактивности по отношению к первоначально безразличным раздражителям. А. Кэндел смоделировал этот процесс путем сочетания нейтрального раздражителя с вредоносным воздействием. По своей структуре данный процесс оказался не таким простым, как привыкание. Он включает довольно много

промежуточных биохимических реакций. Но конечный эффект оказывается вполне симметричным; вредное воздействие повышает концентрацию свободных ионов кальция. Эта функция переходит к первоначально нейтральному раздражителю. Освобождается большее количество вещества-посредника (серотонина). Возникает моторный импульс и защитный рефлекс на раздражитель, который вначале не вызывал какой-либо реакции. Таковы биохимические механизмы простейших форм научения.

Естественно возникает вопрос,

действительно ли можно считать, что эти эксперименты полностью объясняют процессы научения. И да, и нет. Прежде всего мы имеем дело с двумя различными подходами к описанию одних и тех же событий. На молекулярном уровне описания удастся показать, как механизмы синаптической передачи функционируют в определенной ситуации, что этому благоприятствует и что мешает. Не исключено, что у более высоко организованных животных этот процесс протекает в десятках органов точно так же, в частности, в структурах, которые регулируют

осуществление моторных актов, таких, как координированные движения всего тела. Но молекулярные механизмы остаются совершенно индифферентными к тому факту, являются ли эти движения одновременно частью процессов научения. Это решается лишь на другом, поведенческом, или психологическом, уровне описания: лишь там можно определить, что процесс в целом является адаптивным. Или, иначе говоря, что игнорирование сигнала, продемонстрировавшего свою нейтральность, является полезным, так как оно позволяет

обратиться к более полному анализу значимых сигналов, в частности тех из них, которые первоначально казались безразличными. Речь идет о двух уровнях научного анализа - биохимическом и психологическом, - которые нельзя свести друг к другу. Вместе с тем движение в каждом из них ведет к углубленному пониманию лежащих в основе функционирования целостного организма системных закономерностей. Так, например, такое рассмотрение позволяет выдвинуть предположение, что именно это приспособительное

значение определило сохранение в
филогенезе действенности
селективного механизма регуляции
уровня ионов кальция для
торможения и усиления рефлексов.
Поэтому не будет ошибкой считать,
что оба функциональных принципа
послужили основой и для
формирования значительно более
сложных реакций, в которых, однако,
компоненты привыкания и
повышения реактивности уже
значительно труднее отделить друг
от друга.

Только что изложенный материал
можно проинтерпретировать в
терминах схемы, изображенной на

рис. 17. Пусть вначале есть нейтральный раздражитель (xj) , который фиксируется в памяти вместе со значимым раздражителем (xj) , значимость которого характеризуется величиной $\Phi_{ij}(X)$ -

Ассоциирование этих двух раздражителей приводит к тому, что значимость первого раздражителя корректируется на величину $V^{-\wedge} - V^{\wedge}$, что может оказаться достаточным для преодоления порога K . Все эти процессы проявляются прежде всего в изменениях наблюдаемого поведения, однако можно предположить, что в их основе лежат только что рассмотренные события,

протекающие на нейронном уровне-

Для анализа более сложных примеров научения необходимо, разумеется, привлечь дополнительные данные. Это предполагает, однако, прежде всего систематизацию процессов и форм научения, что явно выходит за рамки нашего изложения. Поэтому мы ограничимся лишь обсуждением некоторых аспектов так называемого «инструментального научения». Причем это обсуждение будет сконцентрировано на тех его аспектах, которые важны для понимания развития процессов коммуникации. Инструментальное

научение реализуется на материале опробывающих и практических двигательных актов, В той мере, в какой они вызывают изменения во внешнем окружении, приводящие к удовлетворению потребностей, эти двигательные программы отфильтровывают соответствующие сенсорные признаки и фиксируются вместе с ними в памяти. Научение по методу проб и ошибок следует при этом принципиально отличать от научения, основанного на целенаправленной проверке продуктивных или репродуктивных (то есть извлеченных из памяти) гипотез о релевантных признаках

окружающих объектов (см. Klix, 1971, Sinz, 1973). Другая разновидность научения — импринтинг, или запечатление, — приобретает свою специфику прежде всего из-за состояния сильного возбуждения, на фоне которого успешное действие (например, следование птенцов за матерью или за каким-либо другим объектом, от футбольного мяча до зоопсихолога) приводит к исключительно сильной редукции страха. Такое научение связано с

73/74

быстрым (практически одноразовым)

формированием прочных следов памяти. Следует подчеркнуть, что аффективная окраска непосредственно влияет на успешность запоминания самой разнообразной информации.

Взаимодействие пяти основных компонентов, регуляции поведения - распознавания объектов и события, оценки воспринятой информации в отношении ее связи с актуальными потребностями, принятия решения о выборе наиболее адекватной программы поведения, управления процессом реализации этой программы и удержания в памяти информации о ее успешности -

образует функциональную основу научения, с помощью которой поведение в целом освобождается от влияния инстинктивных связей. Вместе с тем становится совершенно ясным, почему оптимальная при определенных условиях инстинктивная регуляция поведения не выдерживает конкуренции: важнейшим условием ее оптимальности является стабильное, не меняющееся со временем окружение. Изменяющееся окружение требует от поведенческих программ соответствующей гибкости и способности к приспособлению, оно благоприятствует развитию

адаптивных компонентов моторики. Известный этолог У. Торп (Thorpe, 1956) указал в связи с этим на то, что сенсомоторная эволюция, например приобретение способности летать, вызывает параллельное развитие индивидуальной памяти и способности к научению. Строго запрограммированные летательные движения уступают место способностям к адаптивному старту, приземлению и маневрированию в воздухе, учитывающим множество конкретных условий полета. Регистрация изменений поведения в тех или иных условиях образует основу индивидуально и памяти,

которая отражает реальности
конкретного окружение, При этом
вступает в действие: дополнительный
механизм научения —
забывание. Повторные безуспешные
действия исчезают из репертуара
возможных поведенческих актов. В
терминах схемы, изображенной на
рис. 17, они оказываются ниже
порога[^]. Совершенно очевидно, что
преимущества научения имеют
прямое значение для эволюции. Они
определяют тот факт, что по мере
эволюционного развития видов роль
научения в регуляции поведения все
более увеличивается (см. также:
Thorpe, 1956).

Связь научения с формированием следов индивидуальной памяти обуславливает расширение объема удерживаемой структурами нервной системы информации.

Действительно, по мере эволюционного развития видов происходит увеличение относительной доли ассоциативных отделов центральной нервной системы по сравнению с отделами, участвующими в переработке сенсорных сообщений и регуляции движений. Это расширение ассоциативных и комбинаторных возможностей оказывает влияние на функционирование сенсорных и

двигательных механизмов: их специализация уменьшается, а универсальность возрастает. Сравнительные зоопсихологические исследования показывают, что, чем ниже у некоторого вида способность к научению, тем более «заужено» или специализировано его восприятие характеристик окружения и выше ригидность поведенческих программ. Предельными случаями являются, с одной сто-

74/75

роны, многочисленные виды насекомых, с Другой — человек с

поразительной пластичностью его руки, а также доступных только ему форм общения и коммуникации.

Функциональное значение адаптивных компонентов поведения обусловлено разнообразием их применения, тогда как генетически фиксированные компоненты имеют значение в силу их надежности при постоянных условиях окружающего мира. Задачей сравнительной эволюционной психологии остается демонстрация того, каким образом эти компоненты образуют в ходе эволюции, под влиянием специфических механизмов последней жизнеспособные

системы, определяющие особенности психики и деятельности различных классов, семейств, родов, видов и подвидов животных.

Наша ближайшая задача состоит в том, чтобы показать вклад новой структурной схемы регуляции поведения, обеспечивающей формирование адаптивных поведенческих актов, в приобретение и развитие когнитивных возможностей на пути, ведущем к человеку¹. В свете многочисленных фактов и гипотез, накопленных в древнейшей и древней истории, палеозоологии и

сравнительной антропологии, представляется достаточно обоснованным допущение, что познавательные возможности рецентных (то есть живущих в настоящее время) антропоидов очень похожи на интеллектуальные достижения наиболее развитых существ, иступивших в начале плейстоцена на путь, ведущий к человеку современного типа. Если сопоставить знание о направлении естественного отбора с данными о функции процессов научения на пороге перехода от животных к человеку, то возможно, это позволит выделить условия, которые лежали в

основе эволюционного развития когнитивных способностей.

Мы попытаемся показать, что особое значение в таком развитии имели психические компоненты.

Взаимодействие когнитивных процессов и потребности в общении и сообщении (последняя предполагает необходимость в получении и передаче информации), или, короче, познания и коммуникации, представляет собой, по нашему мнению, важнейший источник развития высших познавательных процессов. Продукты этого взаимодействия служат предпосылкой для

возникновения общественного
разделения труда, сознания и
естественного языка.

' При этом сознательно упрощенные
схемы на рис. 15, 16 и 17
рассматриваются нами не как модели
этих структурных связей, а лишь как
иллюстрации некоторых
существенных их компонентов.
Важное значение для понимания
механизмов регуляции поведения
имеют знания об их анатомо-
физиологическом строении. К
рассмотрению последних мы
перейдем в одной из следующих глав.